

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05898

研究課題名（和文）フレーバーホップの乾燥・添加方法を指標とした苦味と香り成分の見える化

研究課題名（英文）Characteristics of bitterness and aroma components using the method of drying and adding flavor hops

研究代表者

齋藤 高弘（Saito, Takahiro）

宇都宮大学・農学部・教授

研究者番号：50221990

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：クラフトビールの醸造工程において、多様な消費者の嗜好性を満足するために、ホップの乾燥工程と添加タイミングがビールの苦味と香りに与える影響について明らかにした。その結果、新しい方法となる凍結乾燥は、アスコルビン酸および総ポリフェノール量の減少をできることが分かった。また、煮沸工程でホップの浸漬時間を短くすることでハーバル、スパイシーという求められる香気を高く付与できると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では大量生産に向き、均一性を尊ぶピルスナー系ラガービールが100年近くにわたり主流を占めたため、個性豊かなクラフトビール造りに関する歴史が浅い。日本酒や焼酎に比べ公開されている知見は非常に少なく、クラフトビール文化のある海外でも、詳細に香り成分を定量化するより職人氣質的勘が逆に重要視される現状がある。そこで、本研究は経験則を補完する形でホップの乾燥と添加方法の影響を定量的に見える化するものであり、現場適性の高い研究である。

研究成果の概要（英文）：In the brewing process of craft beer, we clarified the effect of the drying process and addition timing of hops on the bitterness and aroma of beer in order to satisfy the desirable taste of various consumers. As a result, it was found that freeze-drying which is a new method, can suppress a decrease in the amount of ascorbic acid and total polyphenols. In addition, it was considered that the required aromas of herbal and spicy could be made high in concentration by shortening the soaking time of hops in the boiling process.

研究分野：食品科学

キーワード：ホップ 乾燥 醸造 苦味 香り成分

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ビールの消費量は、ここ10年で68%に減少する中、クラフトビール(地ビール)は200%に増加し、注目を浴びている(図1)。これは、国内5大メーカーのピルスナーに似たスッキリとした、香味の特徴が少なく、大量生産・大量消費に向いていたラガー系ビールに対して、味と香りに特徴をもつ様々なスタイルのクラフトビールを好む消費者の嗜好の多様化が要因として挙げられる。クラフトビールの味と香りはホップにより付与され、毬花中のルプリンに苦み成分、香氣成分が含まれる(岸本, 2009)。ホップは年に一度8月に収穫され、60℃で熱風乾燥後、1年を通して流通される。味と香り(フレーバー)を重視するクラフトビール醸造の現場では、ホップの乾燥工程での高温による香り成分の揮発・減少、酸化反応に伴う不快香の発生が品質低下を招き、第一に問題視されている(Krofta, 2008)。これに対し、抗酸化物質のホップへの事前噴霧や凍結乾燥など新たな手法の適用が近年始まりつつある(特許2015-47135)。これに加え、第二にクラフトビール醸造工程でのフレーバーホップの添加タイミングが味や香りへ及ぼす影響度が定量化されていないことが問題とされている。ホップの添加は主に煮沸工程と発酵工程で行われていた。しかし、個性的なフレーバーと苦味を有する商品開発が現場で求められ、新たにドライホッピング(最後の工程である貯酒)に加えワールプールの添加も試行されている。但し、ワールプールの添加の方がドライホッピングより香りが残るとする(Daniel, 2017)ものや、冷却時には香り成分は大きく減少する(蛸井, 2013)などそれぞれの過程でのホップの添加と苦味や香り成分への影響を定量的に明らかにしたものはほとんど無い。また煮沸工程でのホップの添加は苦味の付与には効果があるが、逆に香り成分の揮発を促す負の側面もあり制御手法の最適化が課題である。特に、近年様々なフルーツ様の香りを付与できる「フレーバーホップ」が登場し、この種のホップの活用方法は中小大手も含め歴史が浅く、経験則と勘で試行錯誤を繰り返しているに過ぎない。そのため、最終的なビールのフレーバーのイメージに対してどのようにホップの乾燥・添加・管理を行えば良いか処方箋が現場で求められている。つまり、多様な消費者の嗜好性を満足する、クラフトビールの醸造工程において、ホップに絡まる苦味と香りの変遷メカニズムを官能と機器分析で見える化することが本研究の学術的意義である。

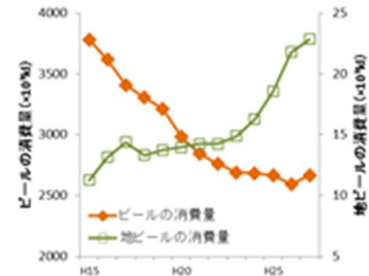


図1 ビールおよびクラフトビールの消費量の推移

2. 研究の目的

多様な苦味とフレーバーを有するクラフトビール醸造に於いて、フレーバーホップの乾燥工程、添加タイミングを因子に、官能評価と機器分析を用いて苦味と香りの変化を定量的に明らかにする。具体的には、ホップの乾燥方法が苦味と香氣成分におよぼす影響の検討、ホップの添加タイミングが苦味と香氣成分におよぼす影響の検討、解明する。

3. 研究の方法

ホップの乾燥方法が苦味と香氣成分におよぼす影響の検討

代表的な3品種のホップ(Cascade、Zeus、Chinook)を実験圃場に於いて栽培し、供試体に用いた。熱風乾燥(AD)、L-AsA噴霧乾燥(ASD)および凍結乾燥(FD)の3つの乾燥方法を施したホップの苦味および香氣成分の変化を明らかにするべく、苦味は酸(Cohumulone、Humulone、Adhumulone)をHPLCで、香氣成分は粉末試料をツイスターに吸着させGC-MSによる分析と県内醸造家による官能評価を合わせて行った。ADはRAWを60℃の熱風乾燥機(LC-122、TABAI)内で目標含水率が10±1%になるまで乾燥させた。ASDはADの方法に加え、一時間毎にホップ100gに対して1%L-AsA溶液0.32mlを万遍無く吹きかけた。FDはRAWを-20℃で予備凍結させた後、棚温を40℃に設定した真空凍結乾燥機内で約24時間乾燥させた。

ホップの添加タイミングや浸漬時間が苦味と香氣成分におよぼす影響の検討

本課題では、ビール醸造工程の中で今まで主にホップの添加が行われてきた「煮沸」、「発酵」過程に加え、フレーバーホップに特有な、「ワールプール」、計3つの添加タイミングを設定する。また、3種類のホップの添加量、3つの反応時間を組み合わせ試験を行う。計測項目には、添加前後の麦汁中の、苦味(酸)と香氣成分(GC-MS)を分析するとともに、県内醸造家による官能評価を合わせて行う。これらより、どの過程で、どの程度の浸漬時間(反応時間)で苦味と香氣成分が生成・移行・消失・残存するのかを定量化した。

4. 研究成果

ホップの乾燥方法が苦味と香氣成分におよぼす影響の検討

酸は、RAWにおいて12.1% d. w.であり、乾燥によって減少した。酸の残存率はADで50.6%、ASDで54.0%、FDで44.2%であり、有意な差はなかった。Cohumuloneは約2割減、Humulone + Adhumuloneは約7割減であった。乾燥中に酸が酸化したことで、HuluponesやHulupinic acidに変化した(18)と推察された。香氣成分の面積値より、生で38成分、ADで30成分、ASDで36成分、FDで32成分がそれぞれ同定され、総面積(香氣量)は順に1.4、2.2、1.8および1.

2(×10¹⁰)であった。生および乾燥ホップにはモノテルペン炭化水素が約9割、セスキテルペン炭化水素が約1割含有した。これらは麦汁煮沸時に揮発し、ビールに移行する成分はわずかと報告されている。ADホップは、麦汁に移行しやすいモノテルペン系アルコールおよびエステル類を多く含み、ビールに多くの香気移行すると推察された。

ホップの添加タイミングや浸漬時間が苦味と香気成分におよぼす影響の検討

模擬醸造試験によって煮沸工程、ワールプール工程および主発酵工程で、ホップを添加する工程およびホップの浸漬時間が麦汁の総ポリフェノール量、苦味価と香気成分に与える影響を検討した。煮沸工程では、ホップ添加タイミングに関わらず、単位時間当たり麦汁に付与される苦味価は同程度であり、麦汁に付与される苦味価は浸漬時間に依存した。Boil60区において苦味価は0分時の1.5から60分時の68.7に増加し経時的な増加が確認された。Boil60区において総ポリフェノール量187mg/Lから60分時の355mg/Lに増加し経時的な増加が確認された。ワールプール工程中で、Addhop区では5分毎に約1.5ずつ増加し、15分時点における苦味価は8程度であった。ホップ浸漬時間が同じである煮沸工程のBoil60区の15分時点の苦味価(19.9)とワールプール工程のAddhop区の15分時点の苦味価(8.3)には2倍以上の差があった。α酸の異性化は温度と時間に強く依存するため、ワールプール工程での温度低下が異性化効率を下げたと推察された。主発酵工程では、Unhop区において、苦味価はほとんど変動しなかった。Addhop区において、苦味価は0日目(1.8)から2日目(25.3)に大幅に増加し、2日目以降に10程度ずつ増加した。一般的に非加熱工程である主発酵で苦味は付与されないが、本実験ではホップの浸漬時間が長くなるほど苦味価は増加した。これはhumulinoneという苦味の酸化物を含んだ値であることが推察された。Unhop区において総ポリフェノール量は0日目(217mg/L)から、2日目(197mg/L)に減少し、2~7日目は同程度で推移した。麦汁の清澄化に伴うポリフェノールの消費はUnhop区およびAddhop区の両方で確認された。Boil10、30、60区においてテルペン類は21~26%でその大半を占めた。特にBoil30区においてハーバル、スパイシー様の成分が多く検出され、煮沸工程でホップ浸漬時間を短くすることでこれらの香気を付与できると示唆された。Linaloolはフローラル様であり、煮沸工程のホップ浸漬時間を長くすることでこれらの香気を付与できると示唆された。

Unhop区ではアルコール類、アルデヒド類が0.8~7.6%検出された。Boil10、30、60区においてテルペン類は21~26%でその大半を占めた。特にBoil30区においてハーバル、スパイシー様の成分が多く検出され、煮沸工程でホップ浸漬時間を短くすることでこれらの香気を付与できると示唆された。Linaloolはフローラル様であり、煮沸工程のホップ浸漬時間を長くすることでこれらの香気を付与できると示唆された。Unhop区ではアルコール類、アルデヒド類が0.4~7.9%検出された。Addhop区はテルペン類、アルコール類、エステル類、アルデヒド類、ケトン類が同定された。テルペン類が15%で最大であった。ワールプール工程でホップを浸漬することでテルペン類の特徴であるハーバル、スパイシー、フローラル様を付与できると示唆された。Unhop区の0日目ではアルコール類、エステル類、アルデヒド類が同定された。アルコール類およびエステル類は0日目から7日目で顕著に増加した。Addhop区の0日目ではアルコール類、エステル類、アルデヒド類が同定された。アルコール類およびエステル類は0日目から7日目で顕著に増加した。含酸素テルペン化合物は2日目以降2.7~4.8%で推移し、Linaloolの面積値は2日目(956)から4日目(1275)で増加した。アルコール類およびエステル類はフローラル、スウィーティー様が特徴の成分であり、発酵によってこれらの芳醇な香気が生成されることが推察された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田中都, 齋藤高弘, 田村匡嗣, 岡本竹己, 山下創, 横須賀貞夫
2. 発表標題 ホップ香気成分の分析条件およびターゲット成分の検討
3. 学会等名 2019生態工学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中都, 齋藤高弘, 田村匡嗣, 岡本竹己, 山下創, 横須賀貞夫
2. 発表標題 生ホップの GC-MS 分析条件およびターゲット成分の検討
3. 学会等名 2019年農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会合同国際大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田村 匡嗣 (Tamura Masatsugu) (60750198)	宇都宮大学・農学部・助教 (12201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------